

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

В. Л. Савчук

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА СБОРА, ОБРАБОТКИ
И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

Руководство и методические указания
по выполнению самостоятельной работы для студентов
направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Томск
2022

УДК 004.42
ББК 32.973
С13

Рецензент:

Саюн В.М., доцент кафедры промышленной электроники ТУСУР,
канд. тех. наук

Савчук, Виктор Леонидович

С13 Электронные средства сбора, обработки и отображения информации : руководство и методические указания по выполнению самостоятельной работы для студентов направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» / В. Л. Савчук. – Томск : ТУСУР, 2022. – 28 с.

Руководство разработано в соответствии с действующим Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратуры).

В руководстве указаны цели и задачи проведения самостоятельной работы по дисциплине, а также методические указания по их выполнению.

Одобрено на заседании каф. ПрЭ, протокол № 17 от 30.08.2022.

УДК 004.42
ББК 32.973

© Савчук В. Л., 2022
© Томск. гос. ун-т систем упр. и
радиоэлектроники, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Содержание лекционного курса	5
2 Разделы дисциплины и виды занятий	6
3 Методические указания.....	7
3.1 Методические указания к изучению разделов 1–3	7
3.2 Методические указания к изучению разделов 4–6	8
3.3 Методические указания к изучению раздела 7	9
3.4 Методические указания к изучению раздела 8	10
3.5 Методические указания к изучению раздела 9	11
4 Лабораторный практикум и практические занятия	13
4.1 Лабораторный практикум и формируемые компетенции.....	13
4.2 Тематика практических занятий и формируемые компетенции	13
5 Самостоятельная работа студентов.....	14
5.1 Самостоятельная работа студентов, трудоемкость и контроль выполнения	14
5.2 Методические указания к подготовке и проведению практических и лабораторных работ	14
6 Контрольные этапы и система зачетов	25
7 Оценочные материалы.....	26
Список рекомендуемой литературы	28

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электронные средства сбора, обработки и отображения информации» относится к вариативной части учебного плана магистратуры направления «Электроника и наноэлектроника», профиль «Электронные приборы и устройства сбора, обработки и отображения информации».

Целью освоения дисциплины является изучение средств сбора и отображения информации, представляющих собой сочетание программных и аппаратных средств обмена информацией между человеком и различными устройствами промышленной электроники, автоматизированными и вычислительными системами.

Задачами изучения дисциплины является получение знаний по аппаратным и программным способам реализации систем сбора и отображения информации и приобретение навыков проектирования сложных систем на основе комплексного подхода, учитывающего психологические основы восприятия информации человеком, методы формирования информационных моделей, фотометрические и электрические характеристики электронных индикаторов, структуры и режимы устройств управления ими.

Для освоения дисциплины необходимо изучить предшествующие курсы: «Измерительная техника и датчики», «Математическое моделирование устройств и систем», которые изучаются на первом курсе, и дисциплину «Компьютерные технологии в научных исследованиях», изучаемую на втором курсе.

В результате изучения предшествующих дисциплин студенты должны обладать следующими компетенциями:

- способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач (ОПК-3);
- способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач (ОПК-4);
- готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени (ПК-5).

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций магистра:

- способен самостоятельно разрабатывать модели исследуемых процессов, электронных схем, приборов и устройств электронной техники (ПК-1);
- способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-2);
- способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (ПК-6).

Данное пособие включает материалы, необходимые для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине с учетом рейтинговой системы оценки успеваемости студентов.

1 СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

1.1 Информация и ее мера. Форма представления информации. Назначение и области применения средств сбора, обработки и отображения информации. Получение, передача и обработка информации. Информационные системы. Направления оценки количества информации. Меры количества информации. Структурные, статистические и семантические меры количества информации.

1.2 Кодирование информации. Общие понятия и определения. Цели кодирования. Оптимальное и помехоустойчивое кодирование. Корректирующие коды. Основные параметры корректирующих кодов. Групповой код с проверкой на четность. Матричные и циклические коды.

1.3 Передача информации по каналам связи. Каналы связи с объектами контроля и управления (проводниковые, кабельные, оптические). Характеристики каналов связи. Беспроводной, квазитройичный, манчестерский и другие сигналы, используемые для передачи данных, схемные решения.

1.4 Общая характеристика средств отображения информации. Способы представления информации в наглядном виде.

1.5 Дискретные индикаторы. Классификация. Устройства управления (коммутации) большими экранами. Статическая и динамическая индикация.

1.6 Методы и устройства формирования знаковой и графической информации. Формирование изображений на экране ЭЛТ. Функциональный и растровый метод. Микрорастр и полиграммный способ генерации знаков на экране. Устройства отображения текстовой и графической информации.

1.7 Устройства отображения информации коллективного пользования. Большие экраны, табло, мнемосхемы. Принципы построения, характеристики. Видеопреобразователи с ЭЛТ, с промежуточным носителем информации. Лазерные средства отображения информации.

1.8 Речевые средства диалога человека с техническими средствами. Распознавание речи и синтез речи. Различные подходы к синтезу речи. Методы синтеза речи. Метод прямого кодирования – восстановления речевых сигналов. Формантный и фонемный синтез речи. Кодирование речи коэффициентами линейного предсказания (КЛП). Синтезаторы речи. Сравнительные данные основных методов синтеза речи по затратам информации.

1.9 Вопросы инженерной психологии. Психофизиологические требования к системам отображения информации. Автоматические и эргатические системы. Моторные компоненты действия оператора. Эргономические характеристики систем отображения информации. Организация рабочего места оператора.

2 РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

Разделы дисциплины, виды занятий и формируемые компетенции

Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	СРС	Всего час.	Формируемые компетенции
1. Информация и ее мера	1	–	–	9	10	ПК-1 ПК-2 ПК-6
2. Кодирование информации	1	6	–	6	13	
3. Передача информации по каналам связи	3	4	16	15	38	
4. Общая характеристика средств отображения информации, классификация	1	–	–	6	7	
5. Дискретные индикаторы, методы формирования знаковой и графической информации	1	–	–	6	7	
6. Средства отображения информации с электронно-лучевыми индикаторами	–	–	–	6	6	
7. Средства отображения информации коллективного пользования	1	–	–	7	8	
8. Речевые средства диалога человека с техническими средствами	1	–	–	10	11	
9. Вопросы инженерной психологии	1	–	–	7	8	
Итого часов	10	10	16	72	108	

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

3.1 Методические указания к изучению разделов 1–3

При изучении материала разделов 1–3 необходимо обратить внимание на основные понятия теории информации, различия в структурной, статистической, и семантической мерах информации. Четко знать свойства энтропии для непрерывных сообщений.

Одной из важных динамических характеристик информационных устройств является скорость передачи информации. При изучении следует обратить внимание на зависимость скорости передачи от полосы пропускания канала и погрешности передачи сообщения. Особое внимание следует обратить на рассмотрение различных видов кодов и их характеристик, и наиболее детально на корректирующие коды, обеспечивающие обнаружение и исправление ошибок. Изучить схемы преобразователей кодов. Знать характеристики используемых каналов связи (телефонные, кабельные, оптические).

Контрольные вопросы к разделам 1–3

1. Назовите средство перенесения информации в пространстве или времени.
2. В какой мере количество информации вычисляется как количество комбинаций элементов?
3. В какой форме представляются сообщения типа команд управления или выходной информации ЭВМ?
4. Как называется набор элементов, из которых составляются сообщения?
5. Какое направление в теории информации рассматривает дискретное строение массивов информации?
6. Какое направление в теории информации оперирует понятием энтропии?
7. Какое направление в теории информации учитывает целесообразность, ценность, полезность или существенность информации?
8. Как называется операция восстановления сообщения по принятому сигналу?
9. Как называется число символов в кодовой комбинации?
10. Как называется число ненулевых символов в кодовой комбинации?
11. Как в комбинаторной мере определяется количество информации?
12. Дайте определение кодовому расстоянию.
13. Чему равно минимальное кодовое расстояние в избыточном коде?
14. Какое минимальное кодовое расстояние должен иметь избыточный код, чтобы он мог исправить одиночные ошибки?
15. Какое минимальное кодовое расстояние должен иметь избыточный код, чтобы он мог исправить ошибки двойной кратности?
16. Как называется кодирование, обеспечивающее заданную достоверность при передаче или хранении информации путем внесения избыточности?
17. При высокой избыточности источника сообщения и малых помехах в канале связи какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
18. При малой избыточности источника сообщений и высоком уровне помех в канале связи, какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
19. Назовите наиболее эффективные системы счисления для устройств передачи информации.
20. Перечислите известные вам взвешенные коды.
21. Какую обнаруживающую способность имеет код с простой проверкой на четность?
22. Перечислите основные параметры кодов.
23. Переведите комбинацию двоичного кода 1110 в код Грея.

24. При высокой избыточности источника сообщений и высоком уровне помех в канале связи, какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
25. В чем отличие синхронного и асинхронного режима обмена данными?
26. Каким уровнем формируются стартовые и стоповые биты в асинхронном режиме обмена?
27. На какие каналы связи (на физическом уровне) ориентированы системы сбора информации?
28. Какие форматы передаваемых данных используются в сетях сбора информации?
29. Перечислите основные достоинства волоконно-оптических линий связи.
30. Какие сигналы используются для передачи информации по физическому каналу?

3.2 Методические указания к изучению разделов 4–6

В любых средствах отображения информация представляется информационной моделью (ИМ). В ИМ в закодированной форме представляется сущность реальных процессов, явлений, объектов. Кодирование информации осуществляется буквами, условными знаками (символами), геометрическими фигурами и т. д. Набор используемых элементов составляет алфавит информационной модели. Необходимо различать основные типы информационных моделей: буквенно-цифровые, графические, полутоновые, комбинированные. Знать основные соотношения, которые необходимо выдерживать (ширина знакоместа, высота, промежутки между знаками). Способы формирования знаков – знакомоделирующие и знаковосинтезирующие, их характеристики.

При изучении дискретных индикаторов нужно обратить внимание на то, что по принципу действия все индикаторы можно разделить на две группы: активные и пассивные. Активные индикаторы электрическую энергию непосредственно преобразуют в свет, а пассивные только моделируют внешний световой поток.

Необходимо четко представлять отличия режимов работы индикаторов (статический и динамический). Знать условия формирования изображения без мельканий, изучить способы выборки элементов индикации.

В режиме статической индикации состояние элементов индикации меняется только при обновлении воспроизводимой информации. Режим динамической индикации характеризуется тем, что разные элементы индикации, образующие индикаторное поле, включаются в разные части периода кадра. Чтобы получить не мелькающее изображение, частота следования кадров должна превышать критическую частоту мелькания.

Поэлементная, построчная, функциональная выборки элементов индикации.

Формирование изображений на экране ЭЛТ. Функциональный и растровый метод. Разновидности растрового метода (микрорастр).

При изучении растрового метода формирования изображений необходимо уяснить, что исходными данными для формирования изображения служат коды отображаемых знаков и их места на экране. Преобразование этой информации в видеосигналы может быть осуществлено двумя путями: программно или аппаратно в устройстве отображения информации. Следует самостоятельно изучить схему формирования видеосигналов при отображении знаковой информации (аппаратный вариант).

Контрольные вопросы к разделам 4–6

1. Как называется свойство СОО передавать мелкие детали?
2. Какой бывает контраст? Что такое контрастность?
3. Какова максимальная разрешающая способность СОО (через угловое расстояние)?

4. Как называются символы, использующиеся для отображения трехмерной информации?
5. К какой группе символов относят символику тонографии?
6. Что определяют инженерно-психофизиологические параметры СОИ?
7. Какая группа параметров характеризует объем, форму, значимость отображаемой информации?
8. Какая группа параметров характеризует сложность и качество СОИ?
9. При каком значении углового размера символов обеспечивается точное считывание информации?
10. Какие параметры определяют видимость знаков на экранах СОИ?
11. Перечислите основные методы формирования знаков на экране ЭЛТ.
12. При каком заполнении экрана целесообразно использовать координатный способ формирования изображений?
13. Как называется режим индикации, когда элементы, образующие индикаторное поле, включаются в разные части периода кадра?
14. Какому режиму статической индикации соответствует скважность более единицы?
15. В каком методе формирования знаков на ЭЛТ закон отклонения луча и управления подсветом является индивидуальным для каждого знака?
16. Какая разрядность кода знакогенератора СОИ на ЭЛТ при размере матрицы 5×7?
17. Основное достоинство функционального метода формирования знаков на экране ЭЛТ?
18. Как называется режим индикации, когда состояние индикаторов меняется только при обновлении воспроизводимой информации?
19. Какому режиму статической индикации соответствует скважность, равная единице?
20. Перечислите известные вам способы выборки элементов экрана при динамическом режиме индикации.

3.3 Методические указания к изучению раздела 7

При изучении раздела «Устройства отображения информации коллективного пользования» нужно обратить внимание на то, что наметился существенный разрыв между требованиями, предъявляемыми к экранам на ЭЛТ и уровнем их развития.

Основные недостатки устройств отображения информации на ЭЛТ: большая глубина устройств, малые предельные размеры экрана, значительная масса устройств отображения информации.

На устройствах отображения информации коллективного пользования информация группируется, обобщается, причем таким образом, чтобы она наблюдалась всеми операторами, участвующими в процессе управления (центр управления полетами на космодроме, диспетчерская крупного аэропорта и т.п.).

Большие экраны, табло, мнемосхемы. Эти устройства создают соответственно три класса информационных моделей: ситуационные, табличные, специальные. Просветные и отражательные экраны. Изучить типы видеопреобразователей для больших экранов.

Контрольные вопросы к разделу 7

1. Какие принципы положены в основу построения мнемосхем?
2. Какие параметры характеризуют качество отражательных экранов и экранов, работающих на просвет?
3. Какой способ формирования информационных моделей используется в табло и мнемосхемах?

4. На каком свойстве кристаллов основан способ двоичного электрооптического управления?
5. Какой способ формирования информационных моделей позволяет создать модели трех классов (ситуационные, табличные, специальные)?
6. Как называют мнемосхемы, представляющие собой единый пространственно-сосредоточенный комплекс?
7. Какие параметры характеризуют качество просветных экранов?
8. Как называют мнемосхему, отображающую рассредоточенную систему, включающую технологические агрегаты, объекты, комплексы?
9. Класс моделей, создаваемых табло коллективного пользования?
10. Как называется устройство, осуществляющее развертку луча в лазерных СОИ?
11. Укажите тип проекции при использовании отражательных экранов.
12. Что характеризует отношение числа пассивных элементов к активным элементам на мнемосхеме?

3.4 Методические указания к изучению раздела 8

Речевые средства диалога человека с техническими средствами можно отнести к одной из проблем искусственного интеллекта. В последние годы интерес к речевому общению существенно вырос. Это обусловлено усложнением человеко-машинных систем, и речь, как наиболее естественная для человека организация взаимодействия с техническими средствами, является часто незаменимой формой обмена информацией между человеком и машиной. Здесь необходимо решить две задачи: первая – это распознавание речи, что необходимо для ввода команд в системах управления, и вторая – это синтез речи (вывод информации из технических систем в речевой форме).

Три основных подхода к проблеме синтеза речи:

- 1) метод прямого кодирования – восстановления речевых сигналов;
- 2) аналоговый метод синтеза формантных частот;
- 3) цифровое моделирование голосового тракта.

Первый метод генерации речи основан на цифровой записи аналоговых сигналов. Пример – звуковые платы компьютеров. Второй подход базируется на двух понятиях: акустического – форманты и лингвистического – фонемы.

Фонема – наименьшая языковая единица, имеющая смысловозначительное значение. Под формантами понимаются частотные резонансы (полоса передаточной функции) речевой акустической системы. Частота форманты тесно связана с геометрической конфигурацией речевого тракта. Поскольку в процессе речи конфигурация речевого тракта меняется, то соответственно меняются формантные частоты. Путем одновременной генерации необходимого числа формантных частот можно получить искусственную речь. Необходимо генерировать от двух до шести формантных частот на одну фонему.

Преимущество формантного метода – универсальность (возможность иметь неограниченный словарь).

Третий метод (цифровое моделирование голосового тракта) использует средства сжатия исходного речевого сигнала и позволяет существенно снизить объем памяти, необходимый для записи речевого сигнала в цифровом виде.

Контрольные вопросы к разделу 8

1. Что такое форманта? Дайте определение.
2. В основу какого метода синтеза речи положено предположение, что сложное речевое сообщение можно получить путем простого соединения элементов речи?
3. Какой метод синтеза речи допускает неограниченный словарь?

4. С какой целью в структуру синтезатора речи вводят дельта – модулятор?
5. Основной недостаток метода синтеза речи с использованием дельта – модуляции исходного речевого сигнала?
6. Какой метод синтеза речи наиболее часто применяют при производстве говорящих игрушек и почему?
7. Какие способы сжатия сигнала используются в синтезаторах речи?
8. Какой метод синтеза речи требует наиболее высокой скорости обмена с управляющей ЭВМ?

3.5 Методические указания к изучению раздела 9

Развитие науки и техники по-новому ставит вопрос о взаимодействии человека с перспективными техническими средствами. Функции человека в больших системах становятся чрезвычайно разнообразными. Он выступает и как оператор, и как звено связи, объединяющее работу технических средств большой системы, а также как источник, получатель, хранитель и преобразователь информации. Правильное распределение функций между человеком и техническими средствами позволяет построить такую систему более надежной. Человек здесь должен творчески мыслить и принимать важные решения, т. е. личные качества становятся определяющими условиями эффективности работы больших систем.

Деятельность оператора в больших системах зависит от потока поступающей информации. Человек не может долго находиться без воздействия на него потока информации, и в случае отсутствия информации наступает сенсорное голодание, при котором человек – оператор выходит из рабочей формы и становится неподготовленным к действиям в сложных условиях. Человек-оператор является составной частью сложной системы управления, например – диспетчерская служба вокзала, аэропорта. Здесь не человек является рядовым звеном системы, а технические средства, включенные в деятельность человека.

Такие сложные системы называют **эргатическими**. В них человек формирует цели системы, а достигаются они с помощью технических средств, включенных в деятельность оператора.

Надежность работы может быть повышена путем психофизиологического отбора людей, наиболее пригодных к такой деятельности. Практика показывает, что необходимо учитывать наряду с техническими параметрами аппаратуры также и психологические, физиологические и антропометрические характеристики человека–оператора. Зрительная система человека устроена так, что вся несущественная информация как бы фильтруется и в мозг человека поступает только от 20 до 70 бит/с информации (корковый уровень). При переработке этой информации мозгом до уровня сознания (уровень реакции) остается всего 2÷4 бит/с.

Контрольные вопросы к разделу 9

1. При каком значении углового размера символов обеспечивается точное считывание сложных знаков?
2. В каких цветах предпочтительнее выполнять статическую информацию в устройствах отображения информации?
3. При каком значении углового размера символов обеспечивается точное считывание информации?
4. Рекомендуемое количество градаций при цветовом кодировании информации?
5. К каким участкам спектра наиболее чувствительны глаза человека?
6. Какие параметры устройств отображения информации определяют создание комфортных условий для работы оператора?
7. Какие инженерно-психофизиологические параметры устройств отображения информации вы знаете?

8. Как определяется прямой и обратный контраст?
9. В каких единицах измеряется разрешающая способность?
10. Что определяют инженерно-психофизиологические параметры СОИ?
11. Рекомендуемые для зрительной работы величины контраста?
12. Поясните суть принципа «акцент к элементам контроля и управления»?

4 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

4.1 Лабораторный практикум и формируемые компетенции

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции
1	3	Исследование кодеров и декодеров последовательных асинхронных систем передачи информации двоичными однополярными сигналами	8	ПК-1 ПК-2
2	3	Исследование частотных модуляторов-демодуляторов систем передачи дискретной информации	8	ПК-1 ПК-6

4.2 Тематика практических занятий и формируемые компетенции

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции (ПК)
1	2	Ознакомление с системой моделирования электронных схем «ASIMEC»	2	ПК-1 ПК-2 ПК-6
		Оптимальное кодирование. Блочные коды (разделимые и неразделимые, взвешенные и невзвешенные), код Грея	2	
		Помехоустойчивое кодирование. Избыточные (корректирующие) коды. Коды с проверкой на четность, коды с постоянным весом, матричные и циклические коды	2	
2	3	Передача информации по линии связи с использованием «Токовой петли». Активный передатчик и пассивный приемник. Пассивный передатчик и активный приемник. Схемные решения	2	ПК-1 ПК-2 ПК-6
		Управление физическим каналом. Формирование беспauseного сигнала и сигнала с pauseй. Кваситроичный и манчестерский сигнал. Формирование манчестерского сигнала с одной и двумя pauseями. Различные схемные решения	2	
Итого часов			10	

5 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

5.1 Самостоятельная работа студентов, трудоемкость и контроль выполнения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудоемкость (час.)	Контроль выполнения работы
1	1	Структурное, статистическое и семантическое направления в теории информации	9	Контрольная работа
2	2	Оптимальное и помехоустойчивое кодирование	6	Тестовый контроль
3	3	Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям, составление отчетов по лабораторным работам	15	Отчет по лабораторным работам
4	4	Статические характеристики СОО. Динамический диапазон СОО. Разрешающая способность СОО	6	Контрольная работа
5	5	Активные и пассивные индикаторы. Полупроводниковые индикаторы. Электрофоретические индикаторы	6	Тестовый контроль
6	6	Формирование знаков на экранах СОО. Матричный, функциональный, растровый, полиграммный способы формирования знаков	6	Контрольная работа
7	7	Видеопреобразователи больших экранов. Лазерные средства отображения информации	7	Контрольная работа
8	8	Методы синтеза речи	10	Тестовый контроль
9	9	Инженерная психология и ее роль при разработке СОО	7	Тестовый контроль
Итого трудоемкость самостоятельной работы			72	

5.2 Методические указания к подготовке и проведению практических и лабораторных работ

В системах сбора информации обычно имеются два уровня управления: верхний, на котором располагается центральная часть системы, и нижний, на котором находятся источники информации. Связь между ними может быть реализована по радиальному, магистральному и комбинированному (магистрально-радиальному) принципу. Следует отметить высокую структурную надежность радиального канала, поскольку выход из строя одного приемопередающего устройства нижнего уровня, а также обрыв индивидуальной шины нарушают обмен данными лишь с одним источником информации и не влияют на работу остальных. Радиальность обеспечивает быструю реакцию ЭВМ верхнего уровня на запросы, и соответственно малое время ожидания устройств нижнего уровня на обслуживание. Преимущества радиальной структуры достигаются дополнительными затратами на оборудование (интерфейсные блоки, кабели, разъемы и т. д.). Радиальные интерфейсы связи подразделяются на симплексные, полудуплексные и дуплексные. Они могут быть параллельными,

последовательными и последовательно-параллельными в соответствии с формой передачи цифровых данных. Процедуры ввода-вывода строятся на синхронном или асинхронном принципе передачи данных.

В синхронных каналах – каждый элемент сигнала вводится в строго определенные моменты времени (постоянная временная привязка). Информация представляется в виде непрерывной последовательности битов, объединенных в блоки данных. Синхронизация блока данных производится специальными символами в его начале и конце, а синхронизация битов производится синхронно работающими генераторами в приемной и передающей частях, или использованием специальных методов кодирования. Синхронизация генераторов передатчика и приемника может обеспечиваться по отдельному каналу, что существенно удорожает систему сбора информации. Чаще используют подстройку генераторов передачей время от времени специальной синхронизирующей комбинации, называемой *СИИ (SIN)*. Синхронная передача обеспечивает более высокую скорость обмена данными, чем асинхронная передача. Синхронные каналы являются кодовыми (непрозрачными) каналами. К недостаткам синхронной передачи можно отнести необходимость организации буферной памяти, что приводит к усложнению аппаратуры.

Асинхронные каналы не имеют постоянной привязки к определенному интервалу текущего времени. Здесь нет необходимости в синхронизации приемной и передающей аппаратуры. Тактовые генераторы на передающей и приемной стороне имеют одинаковую частоту, и в течение короткого отрезка времени остаются синхронизированными (на один – два байта). Синхронизация идет по первому биту – называемому стартовым и последнему биту – стоповому. Стоповых битов может быть один или два. Асинхронные каналы являются кодовыми (прозрачными) каналами.

Примеры – последовательный интерфейс RS-232C (двуполярный сигнал), последовательный интерфейс ИРПС (однополярный сигнал, токовая петля 20 мА).

С целью унификации международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МКККТ) рекомендует следующие типы асинхронных интерфейсов с различными форматами данных:

- однополярный 5-разрядный телеграфный интерфейс с форматом передаваемых знаков 5/8;
- однополярный 7-разрядный интегральный интерфейс с форматом передаваемых знаков 7/11;
- двуполярный асинхронный интерфейс по рекомендации V.24 МКККТ (RS-232) с форматом передаваемых знаков 8/11.

В качестве канала связи обычно используют телефонные линии связи, витые пары, коаксиальный или оптический кабель. Тип кабеля, тип разъема и назначение контактов не регламентируются, но должны быть соблюдены требования к быстродействию. Время фронта импульса источника сигнала на витой паре должно быть не более 1 мкс ($t_{ф.и} \leq 1$ мкс), время фронта импульса на входе приемника $t_{ф.пр} \leq 50$ мкс (с учетом линии связи).

Формат передаваемой информации приведен на рисунке 5.1. Сначала всегда следует стартовый бит, затем информационные разряды (пять-восемь), в конце бит контроля (на четность или нечетность) и один-два стоповых бита. При отсутствии передачи в линии уровень сигнала соответствует единице, стартовый бит всегда имеет нулевой уровень, а стоповый – единичный. Стоповые биты используются для устранения возможности рассинхронизации. Передача ведется младшими разрядами вперед.

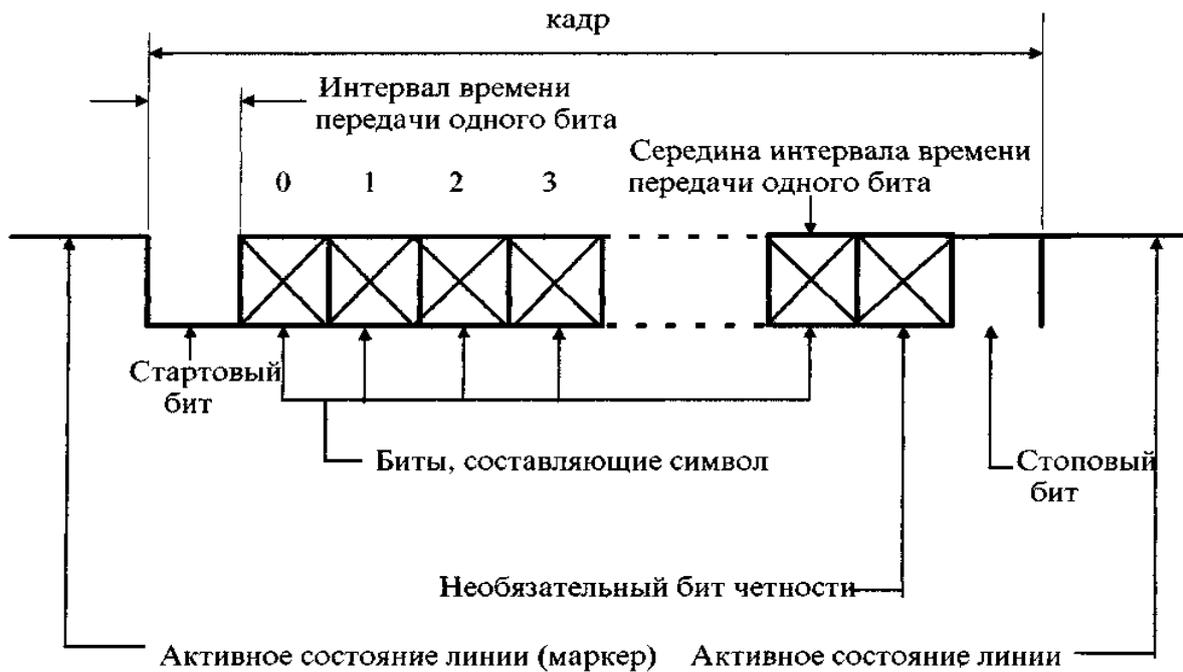


Рис. 5.1 – Формат кадра при асинхронной последовательной передаче

Введем термин – коэффициент формата передаваемой информации:

$$k_{\phi} = (R_{CT} + R_{Д} + R_{К} + R_{СП}) / R_{Д},$$

где R_{CT} , $R_{Д}$, $R_{К}$, $R_{СП}$ – разрядность соответственно стартовой посылки, информационных разрядов, контрольных и стоповых битов.

Наиболее часто применяется следующий формат: один старт-бит, восемь разрядов данных, два стоп-бита. В этом случае коэффициент формата $k_{\phi} = 1,38$.

При скорости дискретной модуляции 9,6 Кбод расстояние между уровнями не должно превышать 500 м. Обычно реальное межуровневое расстояние составляет $LM = 30 \div 300$ м.

Перейдем к рассмотрению вариантов построения передающих устройств (кодеров) и приемных (декодеров), реализующих асинхронную передачу данных. Функциональная схема кодера канала приведена на рисунке 5.2.

Кодер канала выполняет прием данных от источника информации в параллельном коде и осуществляет преобразование в последовательный помехоустойчивый код (добавляя избыточный разряд проверки четности) и затем передачу в линию связи.

Источник информации формирует кадр данных, который в параллельном коде поступает в регистр сдвига кодера (мультиплексор) и схему контроля четности, с выхода которой бит контроля четности добавляется как старший разряд в данные кадра. Каждый кадр источник информации сопровождает сигналом синхронизации для записи в регистр (сигнал «Пуск» на схеме). При поступлении сигнала синхронизации от источника информации пусковой триггер формирует строб кадра.

Данные, поступившие в параллельном коде в буферный регистр (мультиплексор), преобразуются в последовательный. Импульсы сдвига формируются в соответствии с частотой задающего генератора (NE555) $F_{\text{прд}}$. Частота следования импульсов задающего генератора в 16 раз выше скорости дискретной модуляции. Делители частоты на двоичных счетчиках (ИЕ5) формируют сигналы управления регистром сдвига (мультиплексором). Делитель частоты является счетчиком количества битов в кадре данных и формирует сигнал сброса пускового триггера в исходное состояние. С выхода регистра сдвига (мультиплексора) кадр данных поступает на устройство согласования с линией связи (УСЛ).

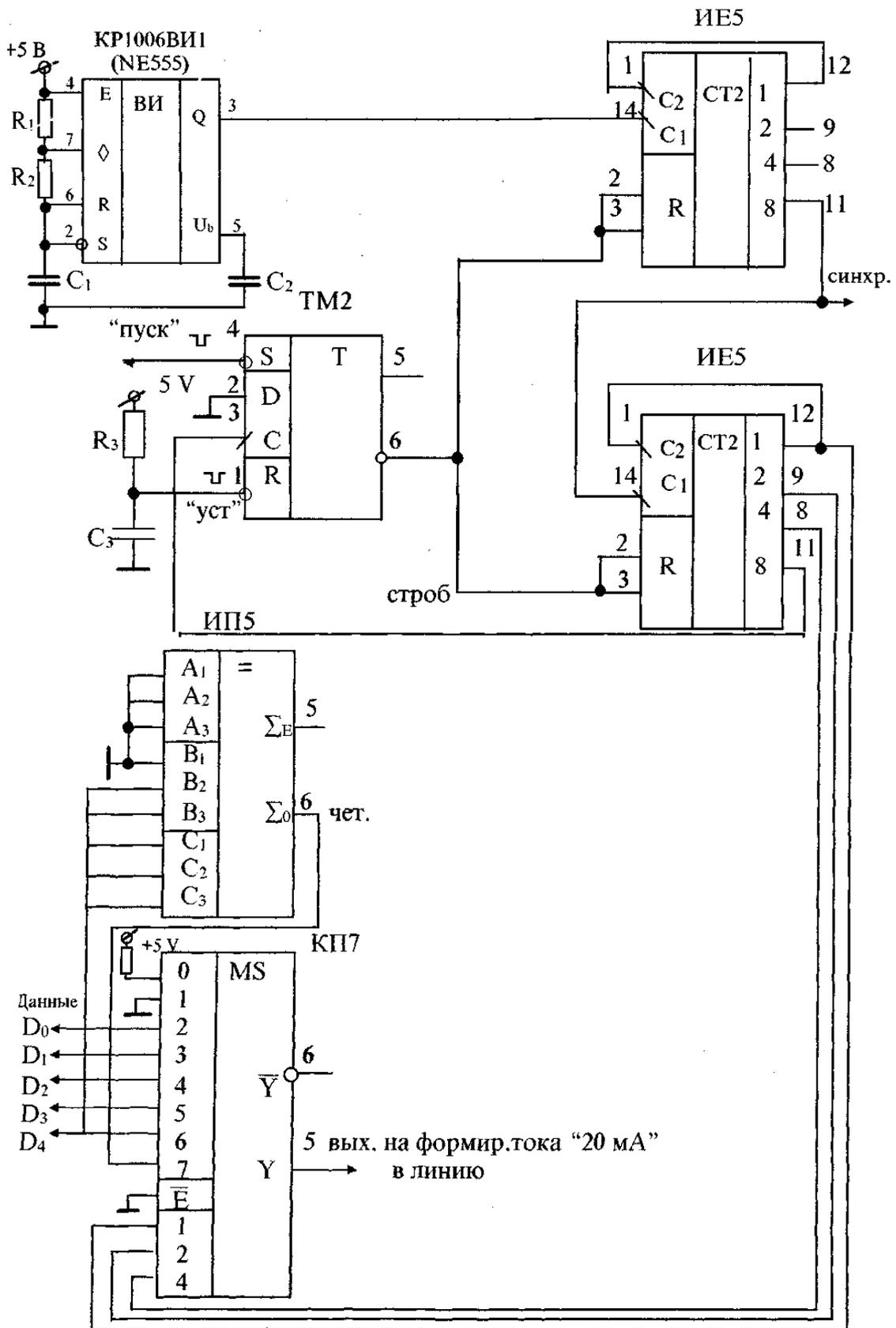


Рис. 5.2 – Схема кодера канала

Выходной каскад передающей части УСЛ состоит (в общем случае) из схемы формирования сигнала в линии (беспаузного, сигнала с паузой, манчестерского, или тока в случае применения токовой петли) и схемы гальванической развязки с линией связи.

Если информация из регистра полностью выдана, а буферный регистр сдвига не был снова загружен, то работа передающего устройства прекращается, иначе осуществляется загрузка очередных данных от источника информации в сдвиговый регистр и процесс передачи продолжается.

Рассмотрим работу приемника-декодера канала (рис. 5.3).

Приемник осуществляет прием и преобразование асинхронных последовательных сигналов в параллельный код, обнаружение (или исправление) ошибок и выдачу информации получателю.

Устройство согласования с линией связи преобразует сигнал, с линии связи, в однополярный беспазузный, который затем поступает в регистр сдвига и схему выявления стартового бита (на схеме обозначен «вход с линии»).

Схема выявления стартового бита приемника обнаруживает переход от стопового к стартовому биту, при помощи которого декодер синхронизируется с источником информации, что устраняет влияние небольшого дрейфа генераторов тактовых импульсов (ГТИ). Запускаются делители частоты ДЧ1 и ДЧ2 и входной регистр сдвига стробируется в соответствии с частотой местного генератора. Частота следования импульсов сдвига, получаемых с делителя частоты, должна быть кратной частоте ГТИ, обычно шестнадцатикратной. Это обеспечит стробирование принимаемых сигналов всегда примерно в середине их длительности. Прежде чем рассинхронизация местного генератора и генератора источника данных увеличивается настолько, что явится причиной ошибки, поступает стоповая посылка, означающая конец слова обмена. В приемнике выключается делитель частоты, и он снова переходит в режим ожидания стартового бита.

Для обнаружения ошибок в принятой информации служит схема выявления ошибок (контроль четности).

Оценим допустимое рассогласование частот синхрогенераторов устройств, между которыми организован обмен данными. Предположим, что частота сигналов в передающем устройстве соответствует эталонной частоте. При скорости модуляции 9,6 Кбод эталонная тактовая частота равна $F_э = 153,6$ кГц, т. е. тактовая частота в 16 раз больше скорости модуляции. Середина битового интервала в передатчике совпадает со спадом 8-го импульса счетчика ДЧ1 (счет импульсов производится по спаду).

В приемнике запись входной двоичной информации в сдвиговый регистр производится также по спаду 8-го синхроимпульса. Частота генератора приемника в общем случае отличается от $F_э$. Это приводит к тому, что при приеме слова обмена будет наблюдаться сдвиг моментов появления строба от середины битовых интервалов: если $F_{прм} > F_э$, то строб будет сдвигаться влево от середины битового интервала, если $F_{прм} < F_э$, то вправо. Так как передача информации ведется последовательным способом, то очевидно, что отклонение строба от середины будет накапливаться по мере приема разрядов слова обмена, достигая максимального значения при приеме последнего разряда.

Для обеспечения правильного приема слова обмена требуется выполнение следующего условия: накопившаяся ошибка рассинхронизации не должна привести при приеме последнего бита слова к смещению строба влево или вправо от середины битового интервала на величину, равную его половине. В противном случае информация последнего разряда будет записана в сдвиговый регистр приемника как информация соседнего разряда или как единица, соответствующая стоповой посылке.

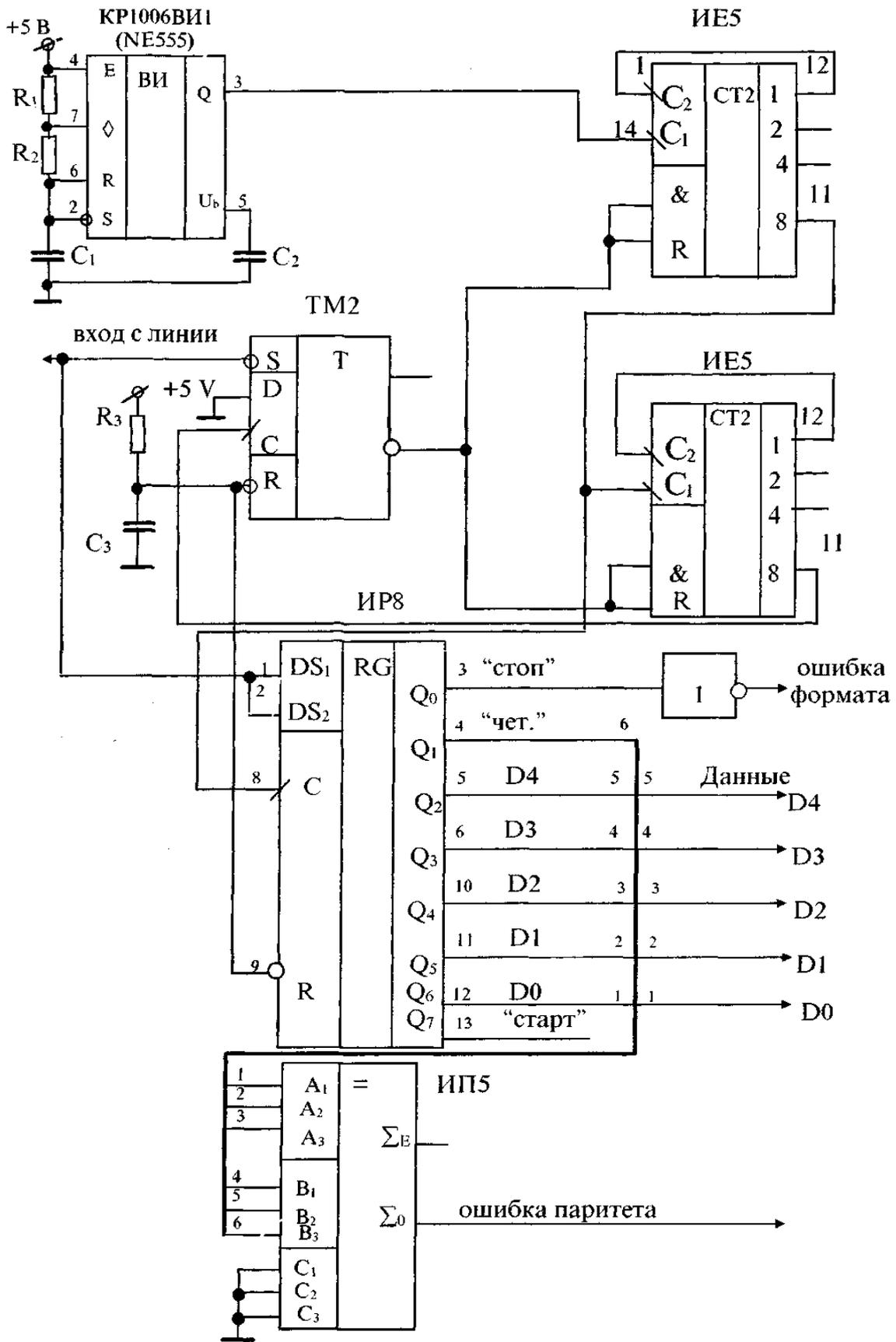


Рис. 5.3 – Схема декодера канала

Число разрядов в последовательной посылке (слове):

$$R = R_{CT} + R_D + R_K.$$

Число периодов импульсов, формируемых генератором приемника, после отсчета которых, будет выработан строб для приема последнего разряда слова, равно

$$N = 16(R - 0,5).$$

Предельный интервал времени, определяющий правую границу допустимого смещения stroba при приеме последнего разряда в такте,

$$T_n = 16R / F_3.$$

Таким образом, минимальное значение частоты приемника получается равным

$$F_{\min} = F_3 R / (R - 0,5),$$

а предельный допуск на уменьшение частоты приемника относительно частоты передатчика, выраженный в процентах, имеет вид

$$\gamma_- = 100 / (2R).$$

Предельный интервал времени, определяющий левую границу допустимого смещения stroba при приеме последнего разряда слова обмена, равен

$$T_n = 16(R - 1) / F_3.$$

Максимальное значение частоты приемника составляет

$$F_{\max} = F_3(R - 0,5) / (R - 1),$$

а предельный допуск на увеличение частоты приемника относительно частоты передатчика, выраженный в процентах, равен

$$\gamma_+ = 100 / [2(R - 1)].$$

Внесем поправку в полученные выражения на несинфазность работы синхροгенераторов приемника и передатчика. Если предположить, что $F_{\text{прм}} = F_3$, то несинфазность приведет к тому, что строб сдвинется влево от середины битового интервала максимум на один период синхронизации. Это приводит к необходимости введения поправки только при расчете F_{\max} . Число периодов импульсов, формируемых генератором приемника, после отсчета которых, будет выработан строб для приема последнего разряда слова обмена с учетом несинфазности, составит $N' = 16(R - 0,5) - 1$.

Тогда:

$$F_{\max} = F_3 (16R - 9) / [16(R - 1)]; \gamma_+ = \frac{7}{16(R - 1)} 100.$$

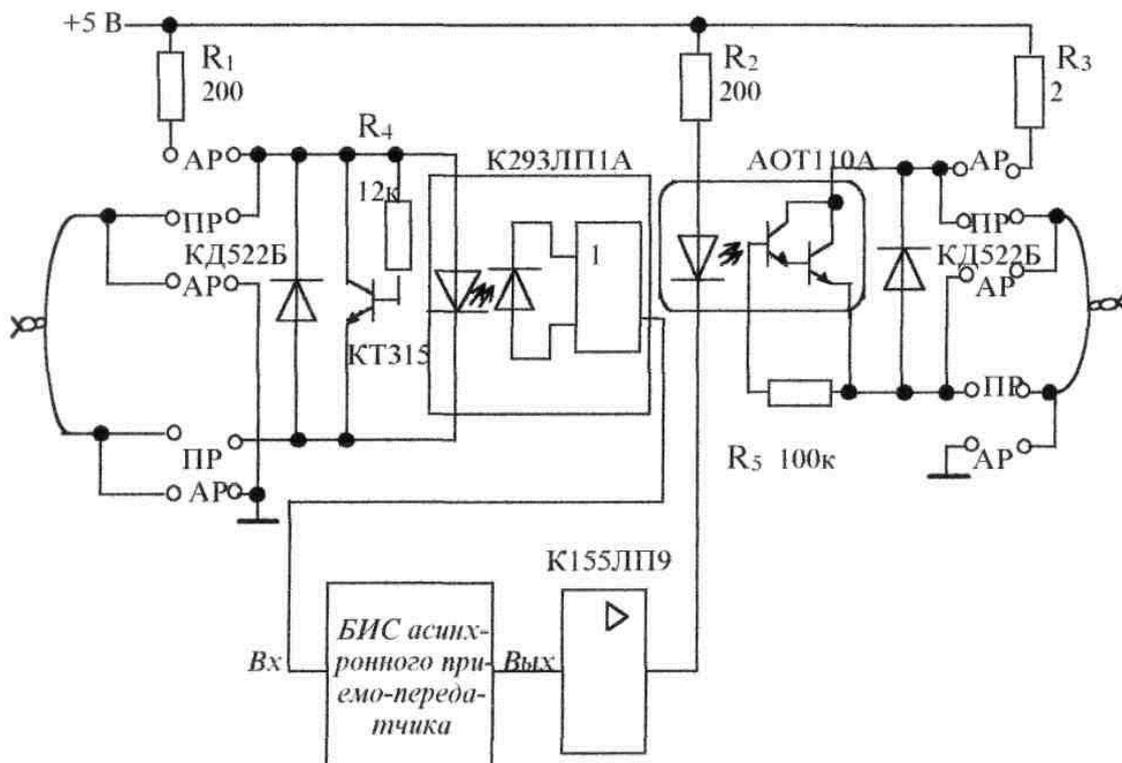
Из полученных выражений видно, что допуски не зависят от принятой скорости передачи информации, а определяются разностью слова обмена. Малый допуск отклонения частоты генератора, например, 5% при 10 разрядах, приводит к необходимости стабилизации частоты. Применяют генераторы с кварцевыми резонаторами, но во многих случаях можно использовать генератор прямоугольных импульсов без резонатора, если применены другие схемотехнические приемы стабилизации частоты.

Аппаратный способ реализации кодеров и декодеров предполагает использование БИС, которые могут иметь различные варианты исполнения, например, БИС асинхронного приемопередатчика К1002ХЛ1. Асинхронный приемопередатчик К1002ХЛ1 состоит из приемника и передатчика, которые имеют отдельные входы тактовых частот и могут работать с различными скоростями обработки информации. Микросхема работает в полном дуплексном режиме, т.е. одновременно преобразует входную параллельную информацию в последовательную стартстопную комбинацию в передатчике и входную последовательную комбинацию в параллельный код в приемнике. Двоичный разряд в приемнике регистрируется в середине

битового интервала с допуском $\pm 0,5T$, где T – период тактовой частоты. В приемной части БИС предусмотрена защита от ложного старта. Стартовый бит считается достоверным, если при опросе середины его битового интервала подтверждается наличие низкого уровня напряжения. В противном случае дальнейший прием стартстопной комбинации прекращается, и схема приемника возвращается в исходное состояние. Достоверность стопового элемента проверяется по наличию в середине первого стопового единичного элемента напряжения высокого уровня. В противном случае сообщается об ошибке в приеме стопового бита.

Микросхема имеет внешнее, общее для передатчика и приемника программирование, команды которого записываются и запоминаются в программном регистре. Программирование предусматривает режимы работы: выбор длины информационной посылки (5–8 бит); проверка на четность-нечетность в приемнике и формирование элемента проверки на четность-нечетность в передатчике; запрет проверки и формирование элемента проверки на четность-нечетность; выбор числа стоповых элементов (1; 1,5; 2); разрешение-запрет интегрирования. В БИС предусмотрено автоматическое формирование и запоминание следующих флажковых состояний: буферный регистр передатчика свободен; передающий регистр свободен; информация принята; ошибка в стоповой посылке; ошибка в проверке на четность-нечетность; ошибка переполнения; выход стартстопного триггера.

На рисунке 5.4 приведен один из вариантов принципиальной схемы согласования с линией связи, работающий в режиме токовой петли. Приемник должен «терпеть» замыкание входной цепи. Источник сигнального тока должен «терпеть» отключение нагрузки, короткое замыкание выходов или замыкание выхода на землю, т.е. после устранения неисправности в линии связи источник и приемник должны быть сразу готовы к работе. Активный режим (АР) – источник питания линии включен в устройстве. Пассивный режим (ПР) – источник питания линии отключен.



АР – активный режим; ПР – пассивный режим.

Рисунок 5.4 – Схема устройства согласования с линией связи

Формирование сигнала с паузой

Помимо потенциальных кодов для передачи данных по линии связи используются импульсные коды, в которых данные представлены полным импульсом или же фронтом. Наиболее простым видом такого кода является сигнал с паузой, называемый иначе как биполярный импульсный код, в котором единица представляется импульсом одной полярности, а ноль – другой. Каждый импульс длится половину такта, другая половина такта отводится на возврат к нулю (формирование паузы). Подобный код обладает отличными свойствами самосинхронизации, но постоянная составляющая может присутствовать, например, при передаче длинной последовательности единиц или нулей. Кроме того, спектр сигнала с паузой шире, чем у потенциальных кодов. Так, при передаче всех нулей или единиц частота основной гармоники кода в два раза выше основной гармоники кода без возврата к нулю и в четыре раза выше основной гармоники квазитроичного сигнала при передаче чередующихся единиц и нулей. Из-за слишком широкого спектра сигнал с паузой используется редко.

Схема формирователя сигнала с паузой приведена на рис. 5.5.

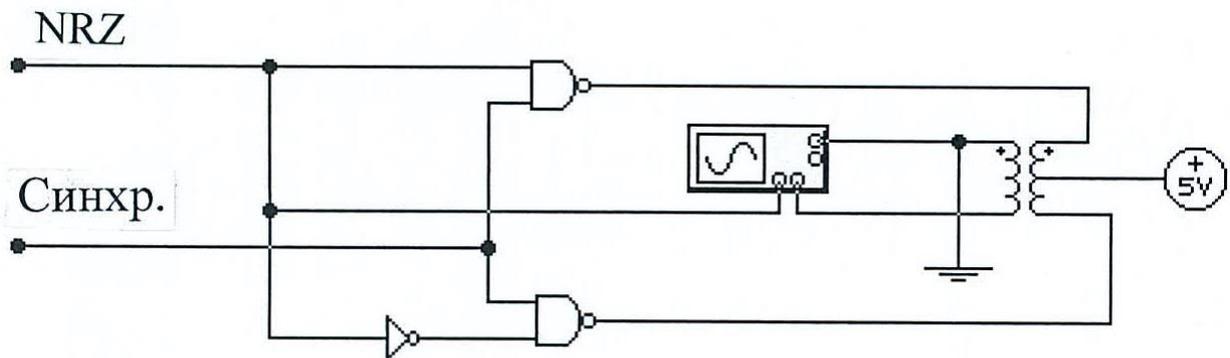


Рис. 5.5 – Схема формирователя сигнала с паузой

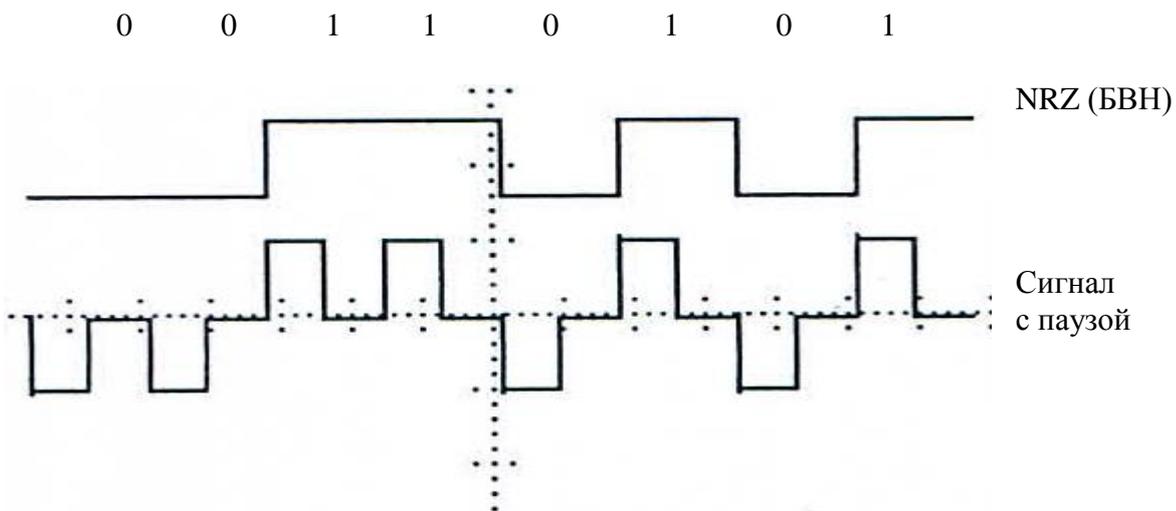


Рис. 5.6 – Сигналы на входе и выходе формирователя сигнала с паузой

Формирование манчестерского сигнала

Наиболее простой способ манчестерского кодирования основан на использовании операции «исключающее ИЛИ-НЕ». Принципиальная схема такого кодера приведена на рис. 5.7. Информация на вход кодера поступает в коде NRZ, а также тактовая последовательность импульсов синхронизации, определяющих тактовый интервал и его середину.

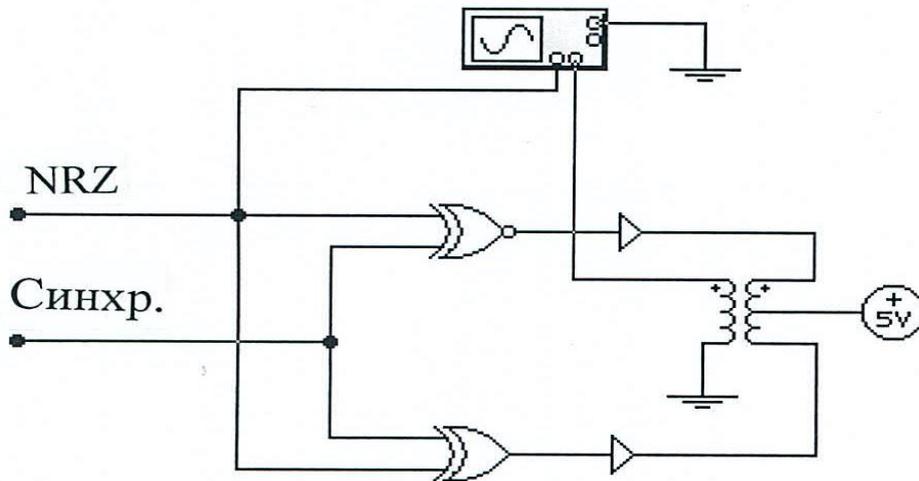


Рис. 5.7 – Формирование манчестерского сигнала с применением операции «исключающее ИЛИ-НЕ»

Существенным недостатком такой структуры кодера является необходимость строгой синхронизации тактовых импульсов с битами кода NRZ и влияние опасных состязаний фронтов импульсов, приводящих к появлению ложных сигналов на выходе комбинационной структуры в моменты начала, середины и конца такта выделенного на формирование одного бита данных. Опасные состязания могут возникнуть из-за переходных процессов или задержек сигналов, вносимых логическими цепями, что не позволяет использовать такой кодер при передаче высокоскоростных потоков данных.

Осциллограммы сигналов на входе и выходе формирователя показаны на рис. 5.8.

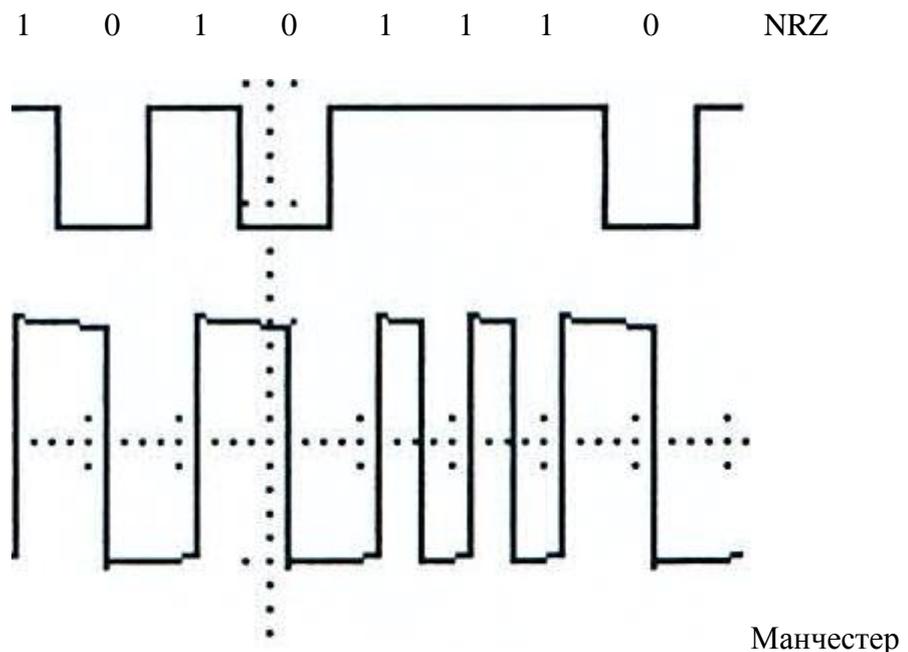


Рис. 5.8 – Сигналы на входе и выходе формирователя манчестерского сигнала

Для исключения указанных недостатков структура кодера должна быть дополнена D-триггером (рис. 5.9). Это позволит исключить ложные импульсы на выходе кодера и выровнять длительности импульсов и пауз кодовой последовательности. Подобную структуру кодера также можно реализовать на основе JK-триггера.

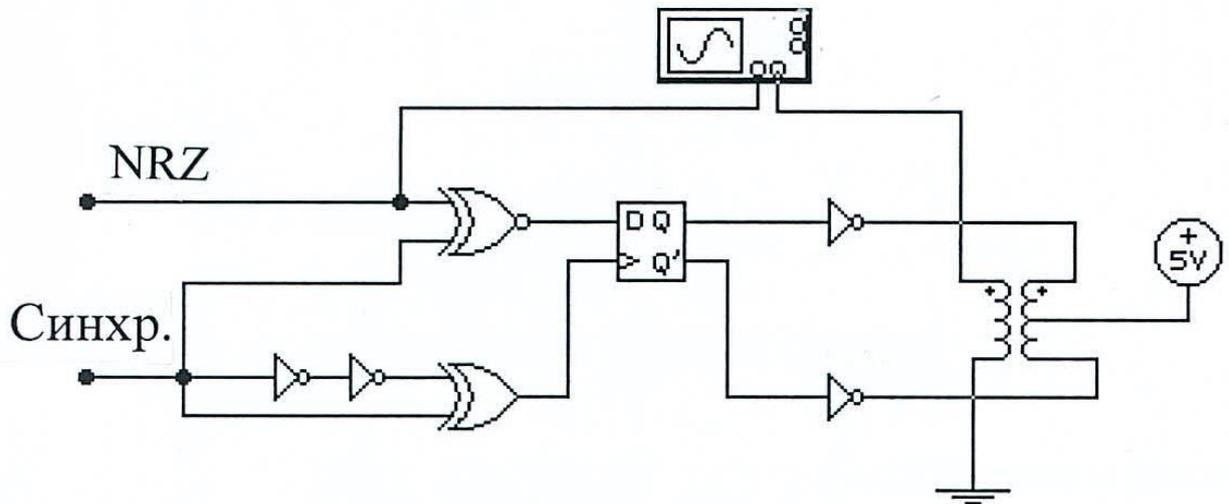


Рис. 5.9 – Схема формирователя манчестерского сигнала на D-триггере

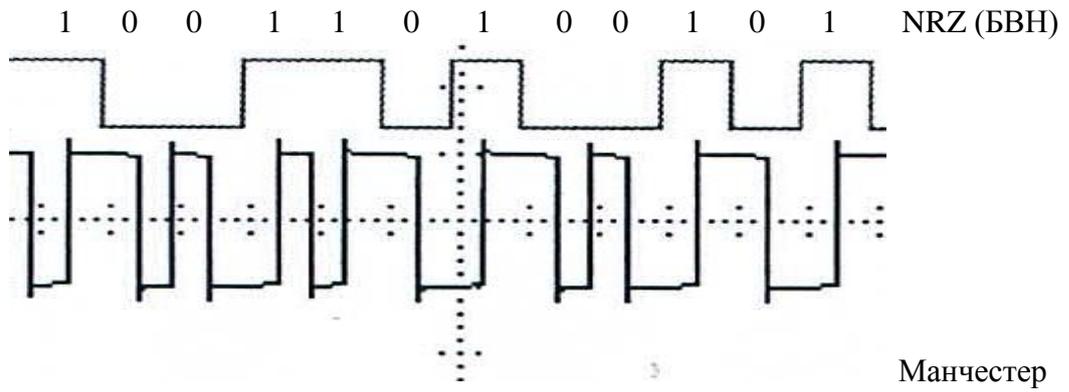


Рис. 5.10 – Осциллограммы на входе и выходе формирователя манчестерского сигнала на D-триггере

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ЭТАПЫ И СИСТЕМА ЗАЧЕТОВ

Для оценивания знаний и умений студентов применяется традиционная система зачетов. Зачет по дисциплине предусматривает выполнение лабораторных работ, прохождение тестового контроля на практических занятиях, выполнение контрольной работы по материалам курса.

Для получения зачета по дисциплине студент должен:

- самостоятельно выполнить лабораторные работы, предусмотренные программой;
- сдать отчет по лабораторным работам (поместить в электронный журнал), отчет должен быть оценен преподавателем;
- выполнить контрольную работу.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тестовые задания

1. Какое направление в теории информации рассматривает дискретное строение массивов информации?
 - а) статистическое;
 - б) семантическое;
 - в) структурное.
2. Как организуется проверка на наличие ошибок в матричном коде?
 - а) проверка на четность по строкам;
 - б) проверка на четность по столбцам;
 - в) проверка на четность по строкам и столбцам.
3. Как геометрически представляется величина?
 - а) линией;
 - б) точкой;
 - в) как поле событий.
4. Как геометрически представляется функция?
 - а) линией;
 - б) точкой;
 - в) как поле событий.
5. Определите кодовое расстояние между комбинациями двоичного кода 101101 и 011101.
 - а) 1;
 - б) 2;
 - в) 3.
6. Какое минимальное кодовое расстояние должен иметь избыточный код, чтобы он мог обнаруживать ошибки двойной кратности?
 - а) 2;
 - б) 3;
 - в) 4;
 - г) 5.
7. Какой метод формирования знаков требует более сложной формы отклоняющих напряжений?
 - а) микрорастровый;
 - б) растровый;
 - в) полиграммный.
8. Какое направление в теории информации оперирует понятием энтропии?
 - а) структурное;
 - б) статистическое;
 - в) семантическое.
9. К каким участкам спектра наиболее чувствительны глаза человека?
 - а) к красным;
 - б) к желтым;
 - в) к зеленым.
10. При высокой избыточности источника сообщений и малых помехах в канале связи, какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
 - а) кодер источника;
 - б) кодер канала;
 - в) кодер не нужен.

11. Какую обнаруживающую способность имеет код с простой проверкой на четность?
- а) 1;
 - б) 1/2;
 - в) 1/3.
12. При малой избыточности источника сообщений и больших помехах в канале связи, какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
- а) кодер источника;
 - б) кодер канала;
 - в) кодер не нужен.
13. Какая система счисления наиболее эффективна для систем передачи информации?
- а) двоичная;
 - б) троичная;
 - в) десятичная.
14. При малой избыточности источника сообщений и малых помехах в канале связи, какой кодер целесообразно ввести в структуру устройства передачи информации?
- а) кодер источника;
 - б) кодер канала;
 - к) кодер не нужен.
15. Как можно представить геометрически двоичное событие?
- а) линией;
 - б) точкой;
 - в) как поле событий.
16. Какое направление в теории информации рассматривает дискретное строение массивов информации?
- а) структурное;
 - б) статистическое;
 - в) семантическое.
17. При каком значении углового размера символов обеспечивается точное считывание сложных знаков?
- а) 1 угловая минута;
 - б) 18 минут;
 - в) >35 минут.
18. Какому режиму индикации соответствует выражение для скважности $Q = 1$?
- а) динамический режим;
 - б) статический непрерывный;
 - в) статический импульсный.
19. Какому режиму индикации соответствует выражение для скважности $Q > 1$?
- а) динамический режим;
 - б) статический непрерывный;
 - в) статический импульсный.
20. Какие индикаторы можно отнести к знаковосинтезирующим?
- а) матричные;
 - б) мозаичные;
 - в) сегментные.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савчук, В. Л. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации : учеб. пособие / В. Л. Савчук. – Томск : ТУСУР, 2007. – 174 с.
2. Савчук, В. Л. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации : электронный учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm> (дата обращения: 23.09.2022)
3. Савчук, В. Л. Исследование кодеров и декодеров последовательных асинхронных систем передачи информации двоичными однополярными сигналами : руководство к выполнению лабораторной работы для студентов направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» / В. Л. Савчук, А. М. Терешков. – Томск : ТУСУР, 2018.
4. Савчук, В. Л. Исследование частотных модуляторов-демодуляторов систем передачи дискретной информации : руководство к выполнению лабораторной работы для студентов направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» / В. Л. Савчук, А. М. Терешков. – Томск : ТУСУР, 2018.
5. Савчук, В. Л. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации : руководство к организации самостоятельной работы для студентов направления 11.04.04 «Электроника и микroeлектроника» / В. Л. Савчук. – Томск : ТУСУР, 2018 – 27 с.
6. Будылдина, Н. В. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных / Н. В. Будылдина, В. П. Шувалов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2016. – 342 с. ISBN 978-5-9912-05368. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94554> (дата обращения: 23.09.2022)
7. Эрглис, К. Э. Интерфейсы открытых систем / К. Э. Эрглис. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2000. – 256 с.
8. Система моделирования электронных схем «Asimes» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ie.tusur.ru/content.php?id=490> (дата обращения: 23.09.2022).
9. Кейтер, Дж. Компьютеры-синтезаторы речи / Дж. Кейтер. – М. : Мир, 1985.
10. Плотников, В. Н. Речевой диалог в системах управления / Плотников В.Н. [и др.]. – М. : Машиностроение, 1988. – 224 с.
11. Зверева, Е. Н. Сборник примеров и задач по основам теории информации и кодирования сообщений [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Е. Н. Зверева, Е. Г. Лебедько. – Электрон. дан. – СПб. : НИУ ИТМО, 2014. – 76 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71068> (дата обращения: 23.09.2022).
12. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Практикум : учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Томск : ТГУ, 2013. – 44 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76745> (дата обращения: 23.09.2022).